

## Non-lubricated wave gear device

**Publication number:** DE10222695

**Publication date:** 2003-02-20

**Inventor:** KOBAYASHI MASARU (JP)

**Applicant:** HARMONIC DRIVE SYSTEMS (JP)

**Classification:**

- **international:** **F16H1/32; F16C33/30; F16H49/00; F16H55/17; F16H57/04; F16H1/32; F16C33/30; F16H49/00; F16H55/17;** F16H57/04; (IPC1-7): F16H1/32

- **europen:** F16C33/30; F16H49/00B

**Application number:** DE20021022695 20020522

**Priority number(s):** JP20010154330 20010523

**Also published as:**

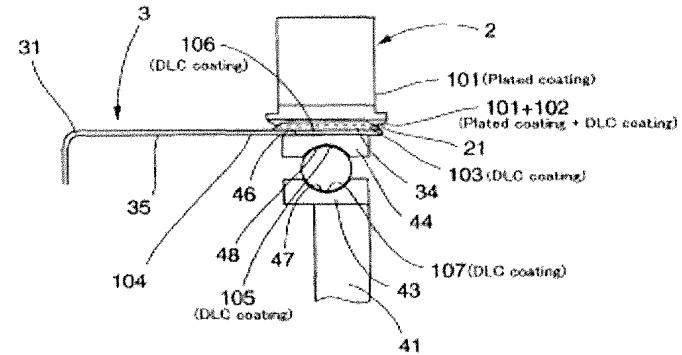
US6615689 (B2)  
US2002174741 (A1)  
JP2002349645 (A)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10222695

Abstract of corresponding document: **US2002174741**

A wave gear device does not need to be lubricated. In a cup-shaped wave gear device 1, the inner ring 43 and balls 45 of the wave bearing 42 of the wave generator 4 are made of a ceramic material, while the outer ring 44 of the wave bearing 42 is made of SUJ2 or stainless steel. A DLC coating 302 is formed by a DLC coating process on a rolling surface 48 formed in the inner circumferential surface of the outer ring 44, a DLC coating 303 is formed by a DLC coating process on a rolling surface 47 in the outer circumferential surface of the inner ring 43, and DLC coatings 304 are formed by a DLC coating process on the surfaces of the balls 45. With this, non-lubricated wave gear device can be obtained. Since the agitating resistance of a lubricant can also be eradicated from these parts of the wave bearing, a large decrease can be made in the power loss ratio.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑯ ⑯ **DE 102 22 695 A 1**

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 16 H 1/32**

**DE 102 22 695 A 1**

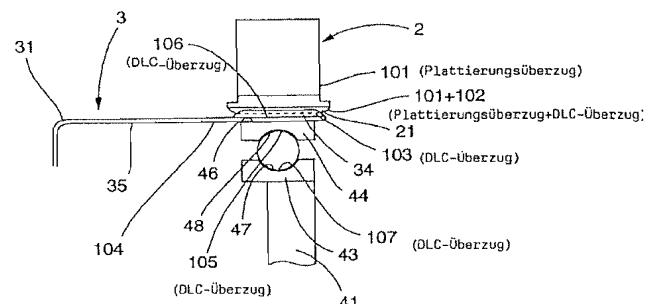
⑯ ⑯ Aktenzeichen: 102 22 695.4  
⑯ ⑯ Anmeldetag: 22. 5. 2002  
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 20. 2. 2003

⑯ ⑯ Unionspriorität:  
01-154330 23. 05. 2001 JP  
⑯ ⑯ Anmelder:  
Harmonic Drive Systems Inc., Tokio/Tokyo, JP  
⑯ ⑯ Vertreter:  
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

⑯ ⑯ Erfinder:  
Kobayashi, Masaru, Nagano, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ ⑯ Schmierfreie Wellengetriebevorrichtung  
⑯ ⑯ Eine Wellengetriebevorrichtung, die keiner Schmierung bedarf. Bei einer becherförmigen Wellengetriebevorrichtung (1) sind der Innenring (43) und Kugeln (45) des Wellengetriebe-Lagers (42) des Wellengenerators (4) aus einem Keramikmaterial hergestellt, während der Außenring (44) des Wellengetriebe-Lagers (42) aus SUJ2 oder nicht-rostendem Stahl hergestellt ist. Ein DLC-Überzug bzw. ein Überzug mit diamantartigem Kohlenstoff (302) ist durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf einer Wälzfläche (48) ausgebildet, die in der Innenumfangsfläche des Außenrings (44) ausgebildet ist, ein DLC-Überzug (303) ist durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf einer Wälzfläche (47) in der Außenumfangsfläche des Innenrings (43) ausgebildet, und DLC-Überzüge (304) sind durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf den Oberflächen der Kugeln (45) ausgebildet. Auf diese Weise lässt sich eine schmierfreie Wellengetriebevorrichtung erzielen. Da auch der Bewegungswiderstand eines Schmiermittels von diesen Teilen des Wellengetriebe-Lagers eliminiert werden kann, lässt sich eine starke Verminderung des Leistungsverlustverhältnisses erzielen.



**DE 102 22 695 A 1**

## Beschreibung

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine schmierfreie Getriebevorrichtung mit wellenartiger Bewegung bzw. Wellengetriebevorrichtung.

## 2. Einschlägiger Stand der Technik

[0002] Eine Wellengetriebevorrichtung beinhaltet normalerweise ein ringförmiges, starres, innenverzahntes Zahnrad bzw. Innenzahnrad, ein flexibles außenverzahntes Zahnrad bzw. Außenzahnrad, das ringförmig ausgebildet ist und im Inneren des starren Innenzahnrad angeordnet ist, sowie einen Wellengenerator, der in das Innere des flexiblen Außenzahnrad gepasst ist. Der Wellengenerator ist gebildet aus einem starren Wellengetriebe-Einsatz mit elliptischem Umriss sowie einem Wellengetriebe-Lager, das auf eine Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes gepasst ist, so dass das flexible Außenzahnrad in eine elliptische Form gebogen wird und die Außenverzahnung desselben, die an beiden Enden der Hauptachse der Ellipsenform angeordnet ist, mit der Innenverzahnung des starren Innenzahnrad kämmt.

[0003] Wenn der Wellengenerator durch einen Motor oder dergleichen rotationsmäßig bewegt wird, bewegen sich die miteinander in Eingriff stehenden Teile der beiden Zahnräder in Umfangsrichtung. Da eine Differenz in der Anzahl von Zähnen zwischen dem Außenzahnrad und dem Innenzahnrad vorhanden ist, entsteht eine relative Rotation zwischen den Zahnrädern gemäß der Differenz in der Anzahl von Zähnen. Typischerweise beträgt die Differenz in der Anzahl von Zähnen zwei und ist das starre Innenzahnrad an einem Vorrichtungsgehäuse oder dergleichen angebracht, so dass ein Ausgangsdrehmoment mit beträchtlich verminderter Drehzahl aufgrund der Differenz in der Anzahl von Zähnen von dem flexiblen Außenzahnrad abgenommen werden kann.

[0004] Bei einer Wellengetriebevorrichtung mit der vorstehend beschriebenen Konstruktion wird ein Schmiermittel den miteinander in Eingriff tretenden Verzahnungsteilen beider Zahnräder, zwischen dem Außenzahnrad und dem Wellengenerator vorhandenen Gleitreibungsteilen sowie Gleitreibungsteilen des Wellengetriebe-Lagers des Wellengenerators zugeführt. Beispiele für Schmiermechanismen für derartige Teile sind in den Dokumenten JP-A 09-250609, JP-A 09-250610 und JP-A 09-250611 offenbart.

[0005] In Abhängigkeit von dem Verwendungsort der Wellengetriebevorrichtung gibt es jedoch Fälle, in denen keine Schmiermittel verwendet werden können.

[0006] In Fällen, in denen Umweltverschmutzung vermieden werden muss, beispielsweise bei Verwendung der Wellengetriebevorrichtung in einem Reinraum, oder bei Verwendung der Wellengetriebevorrichtung in einem Vakuum ist es erforderlich, Maßnahmen beispielsweise das Anbringen eines Dichtungsmechanismus – zu ergreifen, um ein Austreten des Schmiermittels an die Umgebung zu stoppen.

[0007] Bei strengen Betriebsbedingungen der Wellengetriebevorrichtung kommt es häufig vor, dass die Kontaktflächen des Außenzahnrad und des Wellengenerators unzulänglich geschmiert werden. Wenn diese Kontaktflächen unzulänglich geschmiert werden, wirkt eine hohe Schubkraft auf diese Kontaktflächen, wodurch die Entstehung von Wärme und Abrieb zunehmen. Dies verursacht Schäden, wie z. B. Versengen.

[0008] Ferner ist auch der Rührwiderstand des Schmier-

mittels hoch, das die Gleitreibung ausgesetzten Teile bzw. Gleitreibungsteile des Wellengetriebe-Lagers schmiert, das an dem Außenumfang des Wellengenerators angebracht ist, um eine relative Rotation des Außenzahnrad und des Wellengenerators zu ermöglichen, und dieser Widerstand ist verantwortlich für einen großen Teil des Leistungsverlusts der Wellengetriebevorrichtung.

## KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0009] Ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer Wellengetriebevorrichtung, die für die Verwendung in Umgebungen geeignet ist, in denen es bevorzugt ist, keine Schmiermittel zu verwenden.

[0010] Ein zweites Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer Wellengetriebevorrichtung, bei der die Reibungsflächen zwischen dem Außenzahnrad und dem Wellengenerator ausreichend geschmiert werden können.

[0011] Ein drittes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer Wellengetriebevorrichtung, die Leistungsverluste aufgrund des Rührwiderstands des Schmiermittels, das zum Schmieren des Wellengetriebe-Lagers eines Wellengenerators verwendet wird, vermeiden kann.

[0012] Zum Erreichen der vorstehenden sowie weiterer Ziele wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Wellengetriebevorrichtung mit geringem Gewicht geschaffen, die ein ringförmiges, starres Innenzahnrad, ein ringförmiges, flexibles Außenzahnrad und einen Wellengenerator zum

30 Biegen des Außenzahnrad in Radialrichtung aufweist, um dieses in partiellen Eingriff mit dem Innenzahnrad zu bringen, und zum Bewegen der miteinander in Eingriff stehenden Teile des Innenzahnrad und des Außenzahnrad in Umfangsrichtung. Das Innenzahnrad ist aus einer hohe Festigkeit aufweisenden Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung hergestellt, und das Außenzahnrad ist aus Bau-

35 stahl oder nichtrostendem Stahl hergestellt. Ein Plättierungsüberzug aus einem harten Material ist auf Verzahnungsflächen des Innenzahnrad durch stromloses Plättieren gebildet, ein DLC-Überzug bzw. ein Überzug aus diamant-

40 artigem Kohlenstoff ist auf eine Oberfläche des Plättierungsüberzugs durch einen DLC-Beschichtungsprozess auflaminiert, und ein DLC-Überzug ist auf den Verzahnungsflächen des Außenzahnrad durch einen bei niedriger Temperatur stattfindenden DLC-Beschichtungsprozess aufgebracht.

[0013] Typischerweise beinhaltet der Wellengenerator einen starren Wellengetriebe-Einsatz und ein Wellengetriebe-Lager, das zwischen eine Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes und eine Innenumfangsfläche des Außenzahnrad gepasst ist. Das Wellengetriebe-Lager besitzt einen flexiblen Außenring, dessen Außenumfangsfläche mit einer Innenumfangsfläche des Außenzahnrad in Berührung steht, einen Innenring, des Innenumfangsfläche mit einer

55 Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes in Berührung steht, sowie eine Mehrzahl von Wälzkörpern, die zwischen dem Außenring und dem Innenring angeordnet sind und frei abrollen können.

[0014] Im vorliegenden Fall ist es bevorzugt, dass der Außenring des Wellengenerators aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder Berylliumkupfer hergestellt ist. Es ist bevorzugt, dass eine Innenumfangsfläche des Außenzahnrad mit einem Überzug ausgebildet ist, bei dem es handeln kann um: (i) Einen oxidierten Überzug, der durch eine Dampfbehandlung gebildet ist, (ii) einen DLC-Überzug, der durch einen DLC-Beschichtungsprozess gebildet ist, (iii) einen Eisen-sulfid-Überzug, der durch eine Schwefelungsbehandlung gebildet ist, und (iv) einen Eisenoxid-Überzug, der durch

eine Dampfbehandlung und einen Nitrierprozess gebildet ist. Es ist auch bevorzugt, dass der Außenring auf seiner Außenumfangsfläche mit einem DLC-Überzug durch einen DLC-Beschichtungsprozess ausgebildet ist.

[0015] Ferner ist es bevorzugt, dass die Mehrzahl der Wälzkörper des Wellengenerators aus einem Keramikmaterial, nicht-rostendem Stahl oder SUJ2 hergestellt sind. Der Innenring des Wellengenerators ist vorzugsweise aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl, Berylliumkupfer oder Keramikmaterial hergestellt. Auch ist es bevorzugt, dass ein DLC-Überzug durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf einem Wälzflächenbereich in einer Außenumfangsfläche des Außenrings gebildet ist und dass die Oberflächen der Wälzkörper mit einem DLC-Überzug durch einen DLC-Beschichtungsprozess ausgebildet sind.

[0016] Ferner ist es bevorzugt, dass der Wellengetriebekreis aus einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung hergestellt ist.

[0017] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird eine Wellengetriebekreis aus einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung hergestellt. Der Wellengetriebekreis weist einen starren Wellengetriebekreis und einen Wellengetriebekreis auf, der das Außenzahnrad in Radialrichtung biegt und das Außenzahnrad in partiellen Eingriff mit dem Innenzahnrad bringt sowie miteinander in Eingriff stehende Teile des Innenzahnrads und des Außenzahnrads in Umfangsrichtung bewegt. Bei dieser Wellengetriebekreis ist das Außenzahnrad aus Baustahl oder nicht-rostendem Stahl hergestellt. Der Wellengenerator weist einen starren Wellengetriebekreis und einen Wellengetriebekreis auf, das zwischen einer Außenumfangsfläche des Wellengetriebekreises und einer Außenumfangsfläche des Außenzahnrads gepasst ist, wobei das Wellengetriebekreis-Lager einen flexiblen Außenring, dessen Außenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Außenzahnrads in Berührung steht, einen Innenring, dessen Außenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Wellengetriebekreises in Berührung steht, sowie eine Mehrzahl von Wälzkörpern aufweist, die zwischen dem Außenring und dem Innenring angeordnet sind und frei abrollen können. Der Außenring des Wellengenerators ist aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder Berylliumkupfer hergestellt. Das Außenzahnrad weist eine Außenumfangsfläche auf, die mit einem Überzug ausgebildet ist, bei dem es sich handeln kann um: (i) einen oxidierten Überzug, der durch eine Dampfbehandlung gebildet ist, (ii) einen DLC-Überzug, der durch einen DLC-Beschichtungsprozess gebildet ist, (iii) einen Eisensulfid-Überzug, der durch eine Schweißungsbehandlung gebildet ist, und (iv) einen Eisenoxid-Überzug, der durch eine Dampfbehandlung und einen Nitrierungsprozess gebildet ist. Der Außenring weist eine Außenumfangsfläche auf, die durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist.

[0018] Gemäß noch einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird eine Wellengetriebekreis aus einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung hergestellt. Der Wellengetriebekreis weist einen starren Wellengetriebekreis und einen Wellengetriebekreis auf, der das Außenzahnrad in Radialrichtung biegt und das Außenzahnrad in partiellen Eingriff mit dem Innenzahnrad bringt und die miteinander in Eingriff stehenden Teile des Innenzahnrads und des Außenzahnrads in Umfangsrichtung bewegt. Bei dieser Wellengetriebekreis weist der Wellengenerator einen starren Wellengetriebekreis und einen Wellengetriebekreis auf, das zwischen einer Außenumfangsfläche des Wellengetriebekreises und einer Außenumfangsfläche des Außenzahnrads gepasst ist. Das Wellengetriebekreis-Lager besitzt einen flexiblen Außenring, dessen Außenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Außenzahnrads in Berührung steht, einen Innenring,

dessen Außenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Wellengetriebekreises in Berührung steht, sowie eine Mehrzahl von Wälzkörpern, die zwischen dem Außenring und dem Innenring angeordnet sind und frei abrollen können. Der Außenring des Wellengenerators ist aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder Berylliumkupfer hergestellt; die mehreren Wälzkörper des Wellengenerators sind aus einem Keramikmaterial, nicht-rostendem Stahl oder SUJ2 hergestellt; und der Innenring des Wellengenerators ist aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl, Berylliumkupfer oder einem Keramikmaterial hergestellt. Ein DLC-Überzug ist durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf einem in einer Außenumfangsfläche des Außenrings ausgebildeten Wälzflächenbereich ausgebildet; ein DLC-Überzug ist durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf einem in einer Außenumfangsfläche des Innenrings ausgebildeten Wälzflächenbereich ausgebildet; und DLC-Überzüge sind durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf den Oberflächen der Wälzkörper ausgebildet.

[0019] Hierbei ist es bevorzugt, dass der Wellengenerator-Einsatz aus einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung hergestellt ist.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Fig. 1 zeigt eine Längsschnittansicht unter Darstellung einer becherförmigen Wellengetriebekreis, bei der die vorliegende Erfindung Anwendung finden kann.

[0021] Fig. 2 zeigt eine Frontalansicht der Wellengetriebekreis der Fig. 1.

[0022] Fig. 3 zeigt eine erläuternde Ansicht unter Darstellung von Einrichtungen, die eine Schmierung überflüssig machen, gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0023] Fig. 4 zeigt eine erläuternde Ansicht unter Darstellung von Einrichtungen, die eine Schmierung überflüssig machen, gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0024] Fig. 5 zeigt eine erläuternde Ansicht unter Darstellung von Einrichtungen, die eine Schmierung überflüssig machen, gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0025] Unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen wird nun die vorliegende Erfindung ausführlich beschrieben.

[0026] Fig. 1 und Fig. 2 zeigen eine Schnittansicht bzw. eine Frontalansicht unter Darstellung einer becherförmigen Wellengetriebekreis, bei der die vorliegende Erfindung angewendet werden kann. Wie in diesen Zeichnungen gezeigt ist besitzt die becherförmige Wellengetriebekreis 1 der vorliegenden Erfindung ein ringförmiges, starres, innenverzahntes Zahnrad bzw. Innenzahnrad 2, ein becherförmiges, flexibles, Außenverzahntes Zahnrad bzw. Außenzahnrad 3, das im Inneren des starren Innenzahnrads 2 angeordnet ist, sowie einen Wellengenerator 4, der einen elliptischen Umriss aufweist und in das flexible Außenzahnrad 3 eingepasst ist.

[0027] Das becherförmige flexible Außenzahnrad 3 besitzt einen zylindrischen Rumpfteil bzw. Körperteil 31, eine ringförmige Membran 32, die sich in Radialrichtung von dem Rand einer Öffnung an dem einen Ende des Körperteils 31 weg erstreckt, eine ringförmige Erhebung 33, die in integraler Weise mit dem Außenumfang der Membran 32 ausgebildet ist, sowie eine Außenverzahnung 34, die auf der Außenumfangsfläche an einer Öffnung an dem anderen Ende des Körperteils 31 ausgebildet ist. Die Außenverzahnung 34 ist dazu ausgebildet, mit der Außenverzahnung 21 des starren

Innenzahnrad **2** in Eingriff zu treten.

[0028] Der Wellengenerator **4** weist einen starren Wellengetriebe-Einsatz **41** mit elliptischem Umriss sowie ein Wellengetriebe-Lager **42** auf, das auf die Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes **41** passt ist. Das Wellengetriebe-Lager **42** besitzt einen Innenring **43**, der auf die Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes **41** passt ist, einen Außenring **44**, der in die Innenumfangsfläche **35** des Körperteils des flexiblen Außenzahnrad **3** passt ist, sowie Kugeln **45**, die frei wälzbar zwischen den Innenring **43** und den Außenring **44** eingefügt sind.

[0029] Genauer gesagt weist der Außenring **44** eine Außenumfangsfläche **46** auf, die sich in Reibungsberührung mit der Innenumfangsfläche **35** des Körperteils des Außenzahnrad **3** befindet. Der Innenring **43** weist eine Außenumfangsfläche auf, in der ein Kugelabrollflächenbereich **47** mit kreisbogenförmigem Querschnitt ausgebildet ist, und der Außenring **44** weist ebenfalls eine Kugelabrollfläche **48** mit kreisbogenförmigem Querschnitt auf, die in dessen Innenumfangsfläche ausgebildet ist. Der Wellengenerator **4** biegt das flexible Außenzahnrad **3**, an dem die Außenverzahnung **34** ausgebildet ist, in eine elliptische Gestalt, um die Außenverzahnung **34** in Positionen an den beiden Enden der Hauptachse der Ellipsenform mit der Innenverzahnung **21** in Eingriff zu bringen. Wenn der Wellengenerator **4** durch einen Motor oder dergleichen rotationsmäßig angetrieben wird, verursacht die Differenz in der Anzahl von Zähnen zwischen den Zahnrädern **2** und **3** eine relative Rotationsbewegung der Zahnräder **2** und **3**. Diese Differenz in der Anzahl von Zähnen ist normalerweise mit zwei gewählt, und das starre Innenzahnrad **2** ist normalerweise an einem Vorrichtungsgehäuse oder dergleichen angebracht, so dass ein Ausgangsdrehmoment mit beträchtlich reduzierter Geschwindigkeit von dem flexiblen Außenzahnrad **3** abgenommen werden kann.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

[0030] Eine becherförmige Wellengetriebevorrichtung **1** mit der vorstehend beschriebenen Ausbildung wurde derart gebildet, dass die Reibungskoeffizienten der Teile, die Wärme erzeugen, d. h. (i) die Verzahnungsflächen der Zahnräder **2** und **3**, (ii) die Teile des Außenzahnrad **3** und des Wellengenerators **4**, die sich in Reibungsberührung befinden, und (iii) die Teile des Wellengenerators **4**, die sich in Reibungsberührung miteinander befinden, in der nachfolgend beschriebenen Weise auf ähnliche Niveaus ( $\mu = 0,1$ ) herabgedrückt wurden, wie bei Schmierung dieser Teile mit Öl. Ferner wurde die Wellengetriebevorrichtung derart ausgebildet, dass die an diesen Teilen erzeugte Wärme über das Innenzahnrad **2** und den Wellengetriebe-Einsatz **41**, die aus einem Material mit günstiger Wärmeleitung hergestellt sind, in effizienter Weise abgeführt wird. Auf diese Weise wurde eine praktische, schmierfreie Wellengetriebevorrichtung erzielt.

[0031] Wie in Fig. 3 gezeigt ist, wurde bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel das Innenzahnrad **2** aus einer hohe Festigkeit aufweisenden Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung gebildet und besaß einen Plattierungüberzug **101** aus einem harten Material, der durch ein stromloses Plattierverfahren auf seiner Oberfläche gebildet wurde. Die Oberflächen (Zahnoberflächenteile) der Innenverzahnung **21** des Innenzahnrad **2** wurden ferner einem DLC-Beschichtungsprozess bzw. einem Beschichtungsprozess mit diamantartigem Kohlenstoff unterzogen, so dass ein DLC-Überzug **102** oben auf dem Plattierungüberzug **101** gebildet wurde.

[0032] Das Außenzahnrad **3** wurde aus Baustahl oder

nicht-rostendem Stahl hergestellt, und ein DLC-Überzug **103** wurde unter Verwendung eines bei niedriger Temperatur ablaufenden DLC-Beschichtungsprozesses auf den Oberflächen (Zahnoberflächenteile) der Außenverzahnung **34** ausgebildet. Ferner wurde ein durch eine Dampfbehandlung gebildeter Oxidations-Überzug, ein durch eine Schwefelungsbehandlung gebildeter Eisensulfid-Überzug oder ein durch einen DLC-Beschichtungsprozess gebildeter DLC-Überzug auf einem Innenumfangsflächenteil **104** der Innenumfangsfläche **35** des Körperteils des Außenzahnrad **3** gebildet, der mit dem Außenring **44** des Wellengetriebe-Lagers in Berührung steht.

[0033] Der Außenring **44** des Wellengetriebe-Lagers **42** des Wellengenerators **4** wurde aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder Berylliumkupfer gebildet. Die DLC-Überzüge **105** und **106** wurden durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf der Innenumfangsfläche (Kugelabrollfläche) **48** bzw. der Außenumfangsfläche **46** des Außenrings **44** gebildet. Der Innenring **43** wurde ebenfalls aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder Berylliumkupfer gebildet und besaß einen DLC-Überzug **107**, der durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf seiner Außenumfangsfläche (Kugelabrollfläche) **47** gebildet wurde. Die Kugeln **45** wurden aus einem Keramikmaterial ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) gebildet. Der Wellengetriebe-Einsatz **41** wurde aus einer Aluminiumlegierung mit einem niedrigen linearen Ausdehnungskoeffizienten oder aus einer Kupferlegierung gebildet.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

[0034] Bei der Wellengetriebevorrichtung **1** wurde die nachfolgende Konstruktion verwendet, um Wärmeerzeugung und Abrieb an den miteinander in Reibungsberührung stehenden Teilen der Innenumfangsfläche des Körperteils des Außenzahnrad **3** und der Außenumfangsfläche des Wellengenerators (d. h. der Außenumfangsfläche des Außenrings des Wellengetriebe-Lagers) zu unterdrücken, wobei es sich hierbei um die Teile handelt, für die eine Schmierung besonders notwendig ist. Dadurch wurde der Reibungskoeffizienten auf einem ähnlichen Niveau ( $\mu = 0,1$ ) gehalten wie bei Schmierung dieser Teile mit Öl, so dass sich eine praktische, schmierfreie Wellengetriebevorrichtung erzielen ließ.

[0035] Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wurde ein Eisenoxid-Überzug **201** mit hoher Eigenschmierungseigenschaft durch Dampfbehandlung von Teilen der Innenumfangsfläche **35** des Körperteils des Außenzahnrad **3** gebildet, die mit dem Außenring **44** des Wellengetriebe-Lagers in Berührung stehen. Ferner wurde ein DLC-Überzug **202** durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf der Außenumfangsfläche **46** des Außenrings **44** des Wellengetriebe-Lagers gebildet. Als Ergebnis hiervon sind Überzüge mit niedrigen Reibungskoeffizienten zwischen dem Außenzahnrad **3** und dem Außenring **44** des Wellengetriebe-Lagers vorhanden, so dass eine Situation vermieden wird, in der Metall in direkte Berührung mit Metall gelangt. Dadurch können Abrieb und die Entstehung von Wärme an den in Reibungsberührung stehenden Teilen derselben Weise wie bei Schmierung dieser Teile mit Öl unterdrückt werden.

[0036] Wenn das Außenzahnrad **3** aus einem Material mit hoher Festigkeit hergestellt wird, ist es bevorzugt, die Innenumfangsfläche **35** des Körperteils einer Nitrierungsbehandlung (einer Nitro-Carburierungsbehandlung oder einer Oxy-Nitrierungsbehandlung) unterzogen, bevor der Oxidations-Überzug durch die Dampfbehandlung gebildet wird.

[0037] Ein ähnlicher Effekt wird erzielt, wenn die Dampfbehandlung durch eine bei niedriger Temperatur erfolgende Schwefelungsbehandlung ersetzt wird, durch die ein Sulfid-Überzug gebildet wird.

[0038] Es ist darauf hinzuweisen, dass das Außenzahnrad 3 und der Außenring 44 des Wellengetriebe-Lagers auch unter Verwendung der Materialien hergestellt werden können, die vorstehend für das erste Ausführungsbeispiel angegeben worden sind.

#### Drittes Ausführungsbeispiel

[0039] Eine Wellengetriebevorrichtung 1, bei der die in Reibungsberührung miteinander stehenden Teile des Wellengetriebe-Lagers 42 des Wellengenerators 4 und die miteinander in Reibungsberührung stehenden Teile des Außenrings 44 des Wellengetriebe-Lagers und des Außenzahnrad 3 nicht geschmiert werden, wurde folgendermaßen hergestellt.

[0040] Der Außenring 44 des Wellengetriebe-Lagers 42 wurde aus SUJ2 oder aus nicht-rostendem Stahl gebildet, der Innenring 43 wurde aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder einem Keramikmaterial ( $Si_3N_4$ ) gebildet, und wie der Innenring 43 wurden die Kugeln 45 ebenfalls aus SUJ2, nichtrostendem Stahl oder einem Keramikmaterial ( $Si_3N_4$ ) gebildet. Zum effizienten Abführen der Wärme, die an den Abrollflächen bzw. Wälzflächen 47 und 48 des Wellengetriebe-Lagers erzeugt wird, wurde der Wellengetriebe-Einsatz 41 aus einem Kupfermaterial mit günstiger Wärmeleitung oder aus einem Aluminiummaterial gebildet.

[0041] DLC-Überzüge 301 und 302 wurden jeweils durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf der Außenumfangsfläche 46 und der Innenumfangsfläche (Kugelabrollfläche) 48 des Außenrings 44 gebildet. Ein DLC-Überzug 303 wurde ebenfalls durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf der Innenumfangsfläche (Kugelabrollfläche) 47 des Innenrings gebildet. Ferner wurde ein DLC-Überzug 304 durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf den Außenumfangsflächen der Kugeln 45 gebildet.

[0042] Bei Verwendung von SUJ2 ist die Temper- bzw. Vergütungstemperatur niedrig, so dass es bevorzugt ist, dass die während des DLC-Beschichtungsprozesses verwendete Temperatur 100°C oder weniger beträgt. Ein normaler DLC-Überzug besitzt eine Härte zwischen Hv1000 und Hv1500. Wenn ein härterer DLC-Überzug gebildet wird, d. h. ein DLC-Überzug mit einer Härte zwischen Hv2000 und Hv8000 zum Beispiel, ist es bevorzugt, die Oberflächen der Elemente einer Nitro-Carburierungsbehandlung zu unterziehen, um eine Zwischenschicht zu erzeugen und dadurch einen Härtegradienten über die Oberflächenschichten der Elemente hinweg zu bilden.

[0043] Da die Außen- und die Innenumfangsfläche 46 und 48 des Außenrings 44 des Wellengetriebe-Lagers 42, die Kugeln 45 sowie die Außenumfangsfläche 47 des Innenrings 43 mit einem DLC-Überzug mit niedrigem Reibungskoeffizienten versehen sind, brauchen diese Teile des Wellengetriebe-Lagers 42 nicht mehr geschmiert zu werden, und die miteinander in Berührung tretenden Teile des Außenrings 44 des Wellengetriebe-Lagers und der Innenumfangsfläche 35 des Körperteils des Außenzahnrad 3 brauchen ebenfalls nicht mehr geschmiert zu werden. Besonders vorteilhafte Resultate werden dann erzielt, wenn die Kugeln und der Innenring 43 aus einem Keramikmaterial hergestellt sind.

#### Viertes Ausführungsbeispiel

[0044] Gemäß Experimenten, die von den Erfindern der vorliegenden Erfindung durchgeführt worden sind, sind die für die verschiedenen Komponenten der Wellengetriebevorrichtung erforderlichen Eigenschaften wie folgt.

[0045] Es ist bevorzugt, dass das gesamte starre Innen-

zahnrad eine vorbestimmte Steifigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Bearbeitungsgenauigkeit und Befestigungs-Festigkeit besitzt, und dass die Innenverzahnung des starren Innenzahnrad 5 eine vorbestimmte Abriebbeständigkeit sowie einen niedrigen Reibungskoeffizienten zusätzlich zu einer Hafteigenschaft aufweist.

[0046] Es ist bevorzugt, dass das gesamte flexible Außenzahnrad eine vorbestimmte Ermüdungsfestigkeit, Bearbeitungsgenauigkeit, Abriebbeständigkeit und Befestigungs-Festigkeit aufweist, und dass die Außenverzahnung des flexiblen Außenzahnrad 5 eine vorbestimmte Abriebbeständigkeit und einen niedrigen Reibungskoeffizienten zusätzlich zu einer Hafteigenschaft aufweist. Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Innenumfangsfläche des flexiblen Außenzahnrad 5 Abriebbeständigkeit und einen niedrigen Reibungskoeffizienten zusätzlich zu einer Hafteigenschaft aufweist.

[0047] Der Wellengenerator muss wenig Wärme erzeugen und muss Abriebbeständigkeit und eine hohe Abroll-Dauerfestigkeit aufweisen.

[0048] In Anbetracht des vorstehenden wurde eine schmierfreie Wellengetriebevorrichtung gemäß den nachfolgend angegebenen Bedingungen hergestellt. Dabei wurden günstige Resultate erzielt.

[0049] Das starre Innenzahnrad wurde aus Aluminiumlegierung hergestellt, und ein stromlos plattierter Überzug mit einer Dicke von 10 µm wurde auf allen Oberflächen des starren Innenzahnrad 5 gebildet. Ein DLC-Überzug mit einer Dicke von nicht mehr als 1 µm wurde auf den Oberflächen der Innenverzahnung gebildet. In Anbetracht der Haftung an dem Plattierungsüberzug und dem Härtegradienten wurde dieser DLC-Überzug bei einer Verarbeitungstemperatur zwischen 350 und 450°C gebildet.

[0050] Das flexible Außenzahnrad wurde aus nicht-rostendem Stahl hergestellt, und ein DLC-Überzug mit einer Dicke von nicht mehr als 1 µm wurde auf den Oberflächen der Außenverzahnung gebildet. Die Innenumfangsfläche des flexiblen Außenzahnrad 5 wurde einem Glühvorgang unterzogen, um die Oberfläche homogen zu machen. Der DLC-Überzug wurde bei einer Bearbeitungstemperatur von 100°C oder weniger gebildet, um Restspannungen zu reduzieren.

[0051] Der Wellengenerator wurde aus einer Aluminiumlegierung hergestellt, der Außenring des Wellengetriebe-Lagers wurde aus nicht-rostendem Stahl hergestellt, und ein DLC-Überzug mit einer Dicke von nicht mehr als 1 µm wurde auf der Außenumfangsfläche und den Bahnoberflächenteilen des Außenumfangs ausgebildet. Die Kugeln wurden aus einem Keramikmaterial hergestellt. Der Innenring 50 wurde ebenfalls aus nichtrostendem Stahl hergestellt, und ein DLC-Überzug mit einer Dicke von nicht mehr als 1 µm wurde auf den Bahnoberflächenteilen ausgebildet. Der DLC-Überzug auf der Außenumfangsfläche des Außenrings und den Bahnoberflächenteilen des Außenrings und des Innenrings 55 wurde bei einer Bearbeitungstemperatur von 200°C oder darunter gebildet, wobei diese Temperatur unter der Vergütungstemperatur des Materials liegt.

[0052] Wie vorstehend beschrieben worden ist, weist eine Wellengetriebevorrichtung der vorliegenden Erfindung ein Innenzahnrad, das aus einer hohe Festigkeit aufweisenden Aluminiumlegierung oder aus einer Kupferlegierung gebildet ist, sowie ein Außenzahnrad auf, das aus Baustahl oder nicht-rostendem Stahl gebildet ist. Ein Plattierungsüberzug aus einem harten Material ist auf den Verzahnungsoberflächen des Innenzahnrad 60 des Innenzahnrad 5 durch einen stromlosen Plattierungsprozess gebildet, und ein DLC-Überzug ist auf die Oberfläche dieses Plattierungsüberzugs durch einen DLC-Beschichtungsprozess auflaminiert. Ein DLC-Überzug ist

auf den Zahnoberflächen des Außenzahnrad des Außenzahnrad durch einen bei niedriger Temperatur stattfindenden DLC-Beschichtungsprozess gebildet. Bei der vorliegenden Erfindung, die auf diese Weise geschaffen wird, brauchen die miteinander in Eingriff trenden Teile der Zahnoberflächen des Innenzahnrad und des Außenzahnrad nicht geschmiert zu werden.

[0053] Bei einer weiteren Wellengetriebevorrichtung der vorliegenden Erfindung ist der Außenring des Wellengenerators aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder Berylliumkupfer gebildet, und ein durch eine Dampfbehandlung gebildeter Oxidations-Überzug, ein durch einen DLC-Beschichtungsprozess gebildeter DLC-Überzug, ein durch eine Schwefelungsbehandlung gebildeter Eisensulfid-Überzug oder ein durch eine Dampfbehandlung und eine Nitrierungsbehandlung gebildeter Eisenoxid-Überzug ist auf einer Innenumfangsfläche des Außenzahnrad gebildet. Ein DLC-Überzug ist durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf der Außenumfangsfläche des Außenrings gebildet. Bei Verwendung dieser Konstruktion brauchen die miteinander in Reibungsberührung trenden Teile des Außenrings und des Wellengenerators nicht geschmiert zu werden.

[0054] Bei noch einer weiteren Wellengetriebevorrichtung der vorliegenden Erfindung sind die Abrollteile bzw. Wälzteile des Wellengetriebe-Lagers des Wellengenerators aus einem Keramikmaterial, nicht-rostendem Stahl oder SUJ2 hergestellt, und der Innenring des Wellengenerators ist aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl, Berylliumkupfer oder einem Keramikmaterial hergestellt. Ein DLC-Überzug ist durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf dem Abrollflächenbereich der Innenumfangsfläche des Außenrings gebildet. DLC-Überzüge sind ebenfalls durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf dem Abrollflächenbereich der Außenumfangsfläche des Innenrings und auf den Oberflächen der Wälzteile bzw. Wälzkörper gebildet. Unter Verwendung dieser Konstruktion lässt sich ein Wellengetriebe-Lager herstellen, das keiner Schmierung bedarf. Wenn die vorstehend genannten Teile des Wellengetriebe-Lagers mit Öl geschmiert werden, ist der Rührwiderstand des Schmiermittels verantwortlich für den Großteil des Leistungsverlustverhältnisses der Wellengetriebevorrichtung, so dass bei Eliminierung der Notwendigkeit zum Schmieren dieser Teile eine große Verminderung des Leistungsverlustverhältnisses erzielt werden kann.

[0055] Wenn der Wellengetriebe-Einsatz aus einer Aluminiumlegierung mit günstiger Wärmeleitfähigkeit oder aus einer Kupferlegierung gebildet ist, kann die an den Wälzflächen des Wellengetriebe-Lagers erzeugte Wärme in effizienter Weise an die Umgebung abgeführt werden.

#### Patentansprüche

1. Wellengetriebevorrichtung mit geringem Gewicht, die folgendes aufweist:  
ein ringförmiges, starres Innenzahnrad;  
ein ringförmiges, flexibles Außenzahnrad; und  
einen Wellengenerator zum Biegen des Außenzahnrad in Radialrichtung, um dieses in partiellen Eingriff mit dem Innenzahnrad zu bringen, und zum Bewegen der miteinander in Eingriff trenden Teile des Innenzahnrad und des Außenzahnrad in Umfangsrichtung, wobei das Innenzahnrad aus einer Aluminiumlegierung mit hoher Festigkeit oder aus einer Kupferlegierung gebildet ist,  
wobei das Außenzahnrad aus Baustahl oder nicht-rostendem Stahl gebildet ist,  
wobei das Innenzahnrad auf Verzahnungsflächen des selben durch stromlose Plattierung mit einem Plattie-

rungsüberzug aus einem harten Material sowie mit einem DLC-Überzug (einem Überzug mit diamantartigem Kohlenstoff) ausgebildet ist, der durch einen DLC-Beschichtungsprozess auf eine Oberfläche des Plattierungsüberzugs auflaminert ist, und  
wobei das Außenzahnrad auf Verzahnungsflächen des selben durch einen bei niedriger Temperatur stattfindenden DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist.

2. Wellengetriebevorrichtung, die folgendes aufweist:  
ein ringförmiges, starres Innenzahnrad;  
ein ringförmiges, flexibles Außenzahnrad; und  
einen Wellengenerator zum Biegen des Außenzahnrad in Radialrichtung, um dieses in partiellen Eingriff mit dem Innenzahnrad zu bringen, sowie zum Bewegen der miteinander in Eingriff trenden Teile des Innenzahnrad und des Außenzahnrad in Umfangsrichtung, wobei das Außenzahnrad aus Baustahl oder nicht-rostendem Stahl gebildet ist,  
wobei der Wellengenerator einen starren Wellengetriebe-Einsatz und ein Wellengetriebe-Lager aufweist, das zwischen einer Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes und einer Innenumfangsfläche des Außenzahnrad gepasst ist;  
wobei das Wellengetriebe-Lager einen flexiblen Außenring, dessen Außenumfangsfläche mit der Innenumfangsfläche des Außenzahnrad in Berührung steht, einen Innenring, dessen Innenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes in Berührung steht, sowie eine Mehrzahl von Wälzkörperrn aufweist, die zwischen dem Außenring und dem Innenring angeordnet sind und frei abrollen können,  
wobei der Außenring des Wellengetriebe-Lagers aus SUJ2, nichtrostendem Stahl oder Berylliumkupfer gebildet ist, wobei das Außenzahnrad auf seiner Außenumfangsfläche mit einem Überzug ausgebildet ist, bei dem es sich handelt um:

- (i) Einen Oxidations-Überzug, der durch eine Dampfbehandlung gebildet ist,
- (ii) einen DLC-Überzug, der durch einen DLC-Beschichtungsprozess gebildet ist,
- (iii) einen Eisensulfid-Überzug, der durch eine Schwefelungsbehandlung gebildet ist, oder
- (iv) einen Eisenoxid-Überzug, der durch eine Dampfbehandlung und einen Nitrierungsprozess gebildet ist,

und wobei der Außenring auf seiner Außenumfangsfläche durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist.

3. Wellengetriebevorrichtung, die folgendes aufweist:  
ein ringförmiges, starres Innenzahnrad;  
ein ringförmiges, flexibles Außenzahnrad; und  
einen Wellengenerator zum Biegen des Außenzahnrad in Radialrichtung, um dieses in partiellen Eingriff mit dem Innenzahnrad zu bringen, sowie zum Bewegen der miteinander in Eingriff trenden Teile des Innenzahnrad und des Außenzahnrad in Umfangsrichtung, wobei der Wellengenerator einen starren Wellengetriebe-Einsatz und ein Wellengetriebe-Lager aufweist, das zwischen einer Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes und einer Innenumfangsfläche des Außenzahnrad gepasst ist,  
wobei das Wellengetriebe-Lager einen flexiblen Außenring, dessen Außenumfangsfläche mit der Innenumfangsfläche des Außenzahnrad in Berührung steht, einen Innenring, dessen Innenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes in Berührung tritt, sowie eine Mehrzahl von Wälzkörpern

# DE 102 22 695 A 1

11

aufweist, die zwischen dem Außenring und dem Innenring angeordnet sind und frei abrollen können, wobei der Außenring des Wellengetriebe-Lagers aus SUJ2, nichtrostendem Stahl oder Berylliumkupfer gebildet ist, 5 wobei die Wälzkörper aus einem Keramikmaterial, nicht-rostendem Stahl oder SUJ2 gebildet sind, wobei der Innenring des Wellengetriebe-Lagers aus SUJ2, nichtrostendem Stahl, Berylliumkupfer oder einem Keramikmaterial gebildet ist, 10 wobei der Außenring auf seiner Innenumfangsfläche mit einem außenseitigen Wälzflächenbereich ausgebildet ist, wobei der außenseitige Wälzflächenbereich durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist, 15 wobei der Innenring auf seiner Außenumfangsfläche mit einem innenseitigen Wälzflächenbereich ausgebildet ist, wobei der innenseitige Wälzflächenbereich durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist, 20 wobei jeder der Wälzkörper auf seiner Oberfläche durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist. 25 4. Wellengetriebevorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Wellengetriebe-Einsatz aus einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung gebildet ist. 5. Wellengetriebevorrichtung nach Anspruch 1, 30 wobei der Wellengenerator einen starren Wellengetriebe-Einsatz und ein Wellengetriebe-Lager aufweist, das zwischen eine Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes und eine Innenumfangsfläche des Außenzahnrad gepasst ist, wobei das Wellengetriebe-Lager einen flexiblen Außenring, dessen Außenumfangsfläche mit der Innenumfangsfläche des Außenzahnrad in Berührung steht, 35 einen Innenring, dessen Innenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes in Berührung steht, sowie eine Mehrzahl von Wälzkörpern aufweist, die zwischen dem Außenring und dem Innenring angeordnet sind und frei abrollen können, 40 wobei der Außenring des Wellengetriebe-Lagers aus SUJ2, nichtrostendem Stahl oder Berylliumkupfer gebildet ist, 45 wobei das Außenzahnrad auf seiner Innenumfangsfläche mit einem Überzug ausgebildet ist, bei dem es sich handelt um: (i) einen Oxidations-Überzug, der durch eine Dampsbehandlung gebildet ist, (ii) einen DLC-Überzug, der durch einen DLC-Beschichtungsprozess gebildet ist, 50 (iii) einen Eisensulfid-Überzug, der durch eine Schwefelungsbehandlung gebildet ist, oder (iv) einen Eisenoxid-Überzug, der durch eine Dampsbehandlung und einen Nitrierungsprozess gebildet ist, und 55 wobei der Außenring auf seiner Außenumfangsfläche durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist. 6. Wellengetriebevorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Wälzkörper aus einem Keramikmaterial, 60 nicht-rostendem Stahl oder SUJ2 gebildet sind, wobei der Innenring des Wellengenerators aus SUJ2, nichtrostendem Stahl, Berylliumkupfer oder einem Keramikmaterial gebildet ist, wobei der Außenring auf seiner Innenumfangsfläche 65 mit einem außenseitigen Wälzflächenbereich ausgebildet ist, wobei der außenseitige Wälzflächenbereich durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem

12

DLC-Überzug ausgebildet ist, wobei der Innenring auf seiner Außenumfangsfläche mit einem innenseitigen Wälzflächenbereich ausgebildet ist, wobei der innenseitige Wälzflächenbereich durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist, und wobei jeder der Wälzkörper auf seiner Oberfläche durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist. 7. Wellengetriebevorrichtung nach Anspruch 6, wobei der Wellengetriebe-Einsatz aus einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung gebildet ist. 8. Wellengetriebevorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Wellengenerator einen starren Wellengetriebe-Einsatz und ein Wellengetriebe-Lager aufweist, das zwischen eine Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes und einen Innenumfangsfläche des Außenzahnrad gepasst ist, wobei das Wellengetriebe-Lager einen flexiblen Außenring, dessen Außenumfangsfläche mit der Innenumfangsfläche des Außenzahnrad in Berührung steht, einen Innenring, dessen Innenumfangsfläche mit der Außenumfangsfläche des Wellengetriebe-Einsatzes in Berührung steht, sowie eine Mehrzahl von Wälzkörpern aufweist, die zwischen Außenring und dem Innenring angeordnet sind und frei abrollen können, wobei der Außenring des Wellengetriebe-Einsatzes aus SUJ2, nicht-rostendem Stahl oder Berylliumkupfer gebildet ist, wobei die Wälzkörper des Wellengetriebe-Lagers aus einem Keramikmaterial, nicht-rostendem Stahl oder SUJ2 gebildet sind, wobei der Innenring des Wellengenerators aus SUJ2, nichtrostendem Stahl, Berylliumkupfer oder einem Keramikmaterial gebildet ist, wobei der Außenring auf seiner Innenumfangsfläche mit einem außenseitigen Wälzflächenbereich ausgebildet ist, wobei der außenseitige Wälzflächenbereich durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist, wobei der Innenring auf seiner Außenumfangsfläche mit einem innenseitigen Wälzflächenbereich ausgebildet ist, wobei der innenseitige Wälzflächenbereich durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist, und wobei jeder der Wälzkörper auf seiner Oberfläche durch einen DLC-Beschichtungsprozess mit einem DLC-Überzug ausgebildet ist. 9. Wellengetriebevorrichtung nach Anspruch 8, wobei der Wellengetriebe-Einsatz aus einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung gebildet ist.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG.1

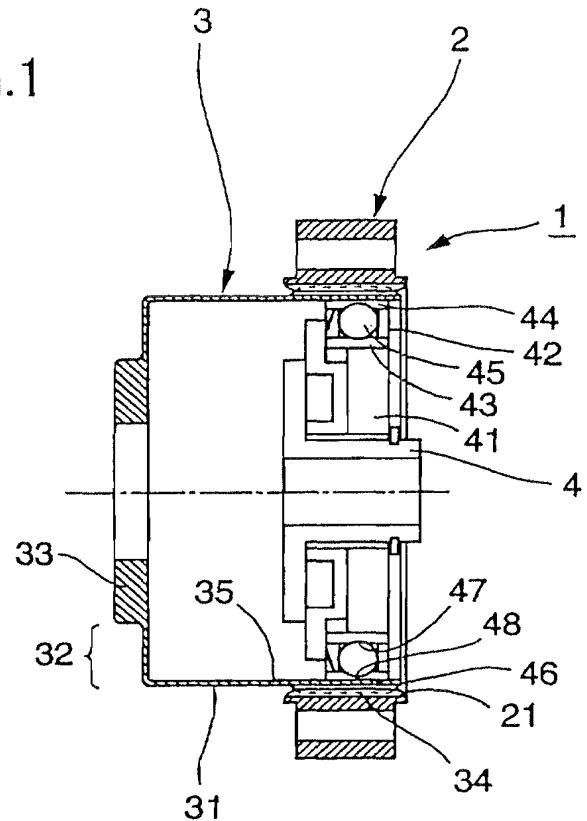


FIG.2

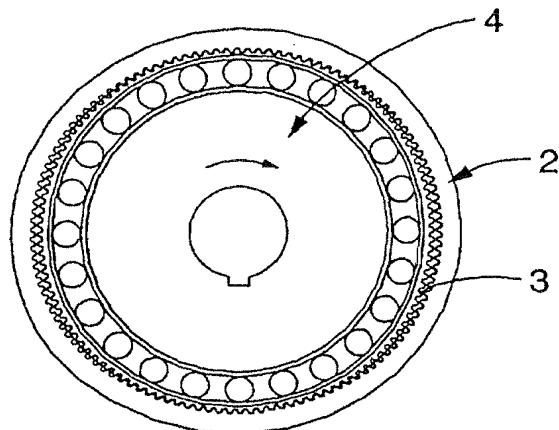


FIG.3

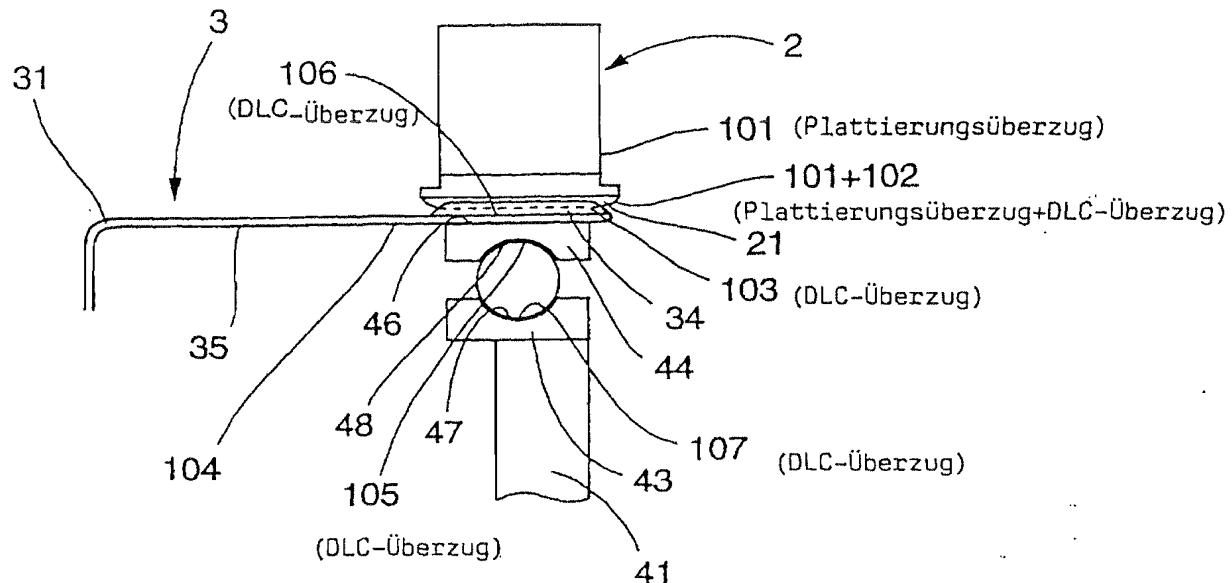


FIG.4

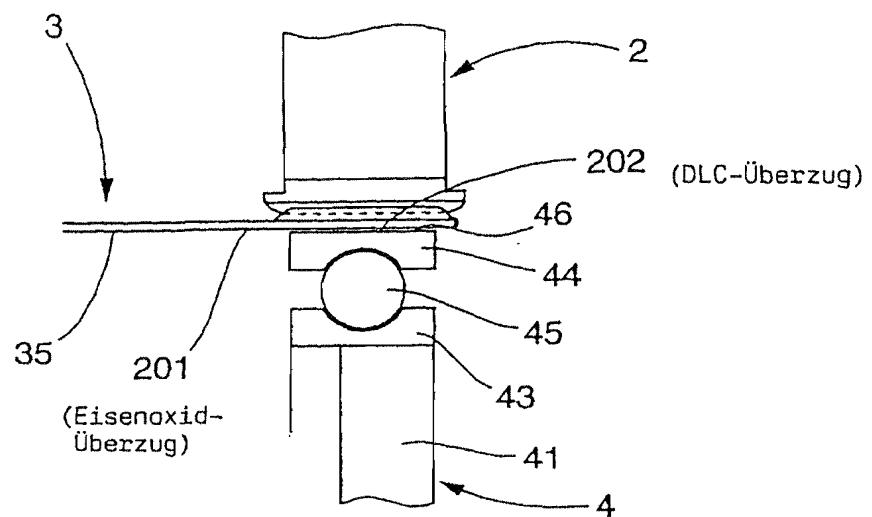


FIG.5

